

晶硅系列专题一：跌宕起伏的光伏发展史

在全球应对气候变化、推动能源结构转型的大背景下，能源行业清洁化、低碳化已成为共识，各国都在加速向清洁低碳的新能源转型，并制定了发展战略，随着太阳能技术不断进步，光伏电池的效率不断提高，同时材料和制造成本也在逐渐降低，使得太阳能发电更具竞争力，成为越来越多国家和企业发展新能源的首选。

为促进新能源产业高质量发展，广期所先后上市了工业硅和碳酸锂期货、期权，帮助企业规避价格波动风险，稳定生产经营，为更好的助力产业发展，交易所积极研发新品种，考虑多晶硅将作为光伏产业链下一潜在上市期货品种，本系列报告将对光伏产业进行介绍，以期为市场投资提供一定的参考。

本文作为晶硅系列专题的第一篇，主要对光伏产业的发展历程、产业链情况及相关政策进行介绍，帮助投资者们进一步了解晶硅光伏市场。

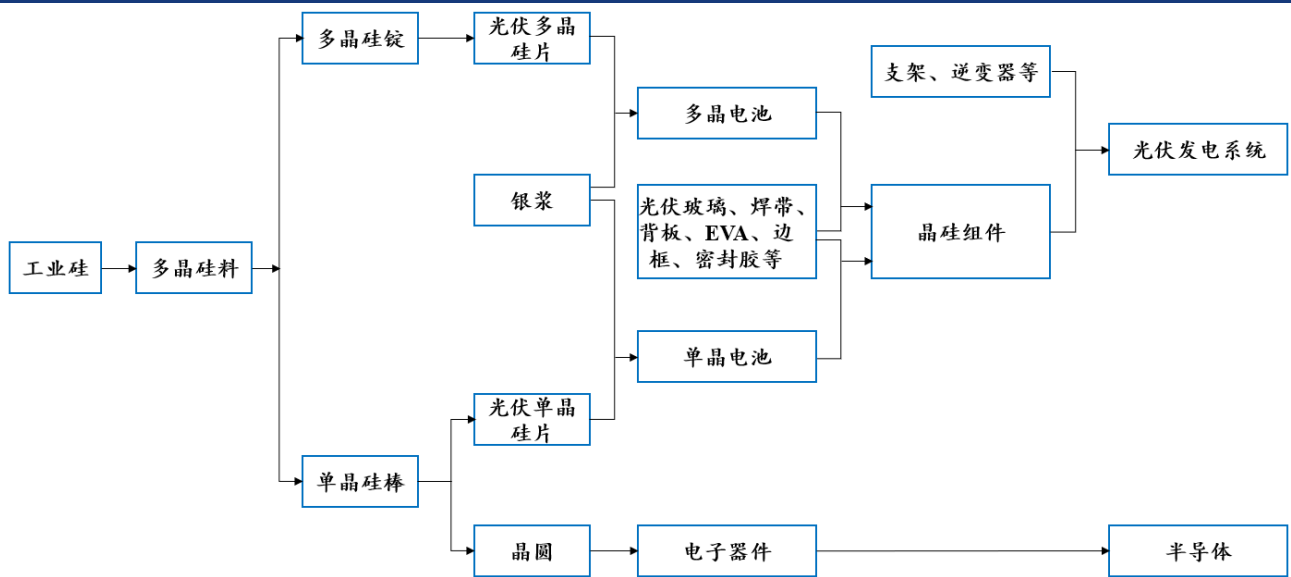
一、光伏产业链介绍

光伏是光伏发电的简称，是利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的一种技术，主要由太阳电池板（组件）、控制器和逆变器三大部分组成，主要部件由电子元器件构成，太阳能电池经过串联后进行封装保护可形成大面积的太阳电池组件，再配合上功率控制器等部件就形成了光伏发电装置。

光伏发电系统主要分为两种，一种是集中式光伏电站，这一类电站主要指在荒漠、戈壁等地区建设的大型光伏电站，如西北地区大型地面光伏发电系统，规模较大，主要优点是可以有效利用太阳能资源，供给远距离负荷，降低运输成本，缺点是资金投入大，且长距离运输使得电力损耗高；另一种是分布式光伏系统，主要指在用户场地附近建设的小型光伏电站，如工商企业厂房屋顶光伏发电系统、居民屋顶光伏发电系统等，规模较小，优点在于建设周期短、灵活性高，可以充分利用建筑表面、工业园区、居民区等地方的限制空间，减少长距离运输带来的电力损耗，提高能源利用率。

从整个光伏产业链来看，主要包括三个环节，第一个环节是上游光伏原材料的生产加工，包括工业硅到多晶硅料的生产、拉晶及硅片的切割，硅料是制备太阳能电池的主要原材料，硅料的品质不仅直接决定了太阳能电池的性能，也对整个光伏产业链的成本和效率产生影响，多晶硅料通过铸锭或拉晶切片后可做成硅片，进而应用于制造晶硅电池；中游主要包括光伏玻璃、背板、电池片、组件、支架、逆变器等产品生产；下游终端主要是光伏电站的集成和建设，主要应用于无电场合提供电源、太阳能日用电子产品（如各类太阳能充电器、太阳能路灯及太阳能草地灯具等）和并网发电。

图表 1：光伏产业链图



资料来源：宏源期货研究所

光伏产业从出现，到现在备受瞩目，成为各国争先发展的产业，其海外发展历程主要可以分为五大阶段：

二、“光伏”技术的诞生与发展：1839 年~1954 年

1839 年，法国科学家贝克雷尔发现光照能使半导体材料的不同部位产生电位差，即后来的“光生伏特效应”，为纪念这一大重要发现，“光生伏特效应”也称“贝克雷尔效应”；1883 年，美国科学家查尔斯·弗里茨在锗片上镀上一层碲金属电极，建立了第一块光伏电池，但其转化效率低，且成本极高，从这时起，许多科学家开始对光电效应进行基础研究；1907 年，爱因斯坦提出了基于他 1905 年的光子量子假设的光电效应理论解释，有了理论的支撑，光伏发展开始进入快车道。

1916 年，波兰化学家扬·柴可拉斯基发现了提纯单晶硅的拉晶工艺，命名为柴可拉斯基法，并于 20 实际 50 年代开始实际应用于半导体中晶圆的制造；1934 年，科学家们开始了对薄膜太阳能电池的研究，并发现在材料中掺杂金属杂质可以提高发电效率；1954 年，美国科学家恰宾和皮尔松首次制成了实用的单晶硅太阳电池，诞生了将太阳光能转换为电能的实用光伏发电技术。自此，光伏产业从实验阶段开始步入工业领域。

三、进军工业领域：1954~2000 年

1958 年，美国的第二颗人造卫星使用化学电池和光伏电池，通过发射器进入太空，开启了太阳能电池在宇宙空间探索领域的应用；1976 年，澳大利亚政府通过光伏电站运营内陆地区的整个电信网络，提高了世界范围内对太阳能技术应用的信心；1980 年，墨西哥湾的小型无人驾驶石油钻井平台开始配备太阳能电池组件，因其经济性和实用性的优势，逐渐取代了以前使用的大型电池；1983 年，美国海岸警卫队开始在信号灯和导航灯供电中使用光伏发电；1990 年，

瑞士工程师 Markus Real 提出了为房屋配备光伏系统，次年德国启动 1,000 个屋顶计划，同时“电力上网法”规定公用事业公司必须从小型可再生能源发电厂获取电力，柏林的 Solon AG 和弗莱堡的太阳能工厂应运而生；1994、1997 年，日本、美国相继启动百万屋顶计划。

此时，中国光伏市场尚处于初始起步阶段。1958 年，中国研制出了首块硅单晶体；1968-1969 年，半导体所“实践 1 号卫星”研制和生产硅太阳能电池板，研究人员发现，P+/N 硅单片太阳电池在空间中运行时会遭遇电子辐射，造成电池衰减，使电池无法长时间在空间运行；1969 年，半导体所停止了硅太阳电池研发，随后，天津 18 所为东方红二号、三号、四号系列地球同步轨道卫星研制生产太阳电池阵；1975 年开始，宁波、开封地区先后建立太阳电池厂；1983 年，甘肃地区建设了 10KW 民用光伏电站，是我国最老的光伏电站；1998 年国内政府开始关注太阳能发电，次年保定英利承建了国家 3MW 多晶硅太阳电池及应用系统示范项目。自此，我国光伏产业化拉开了序幕。

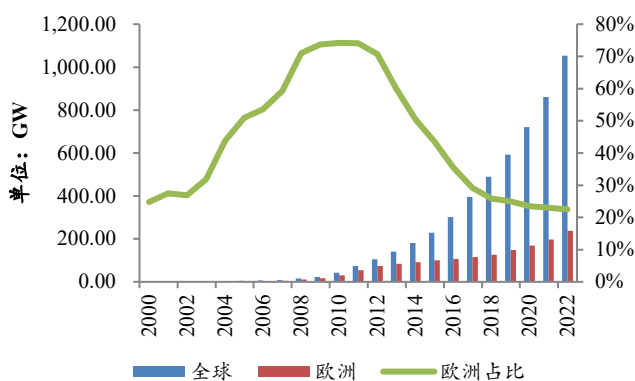
四、欧洲市场主导光伏产业：2000 年~2011 年

各国发展光伏发电主要来自于能源转型的需要。当前全球能源主要以煤炭、石油和天然气三大传统能源为主，随着用电量的增加，由于传统能源不可再生，能源危机日益凸显，能源转型是当今世界能源发展的大趋势，新能源产业的发展既是整个能源供应系统的有效补充手段，也是环境治理和生态保护的重要措施，是满足人类社会可持续发展需要的最终能源选择。

在光伏产业发展初期，大多数国家都采取完善政策、对产业进行补贴的手段来推动行业发展，2000 年德国颁布《可再生能源法（EEG）》，对光伏行业进行补贴后，西班牙、意大利、英国、美国等国家纷纷发力光伏产业，全球光伏发电装机量呈快速增长趋势，本阶段的光伏装机主要集中在欧洲地区。

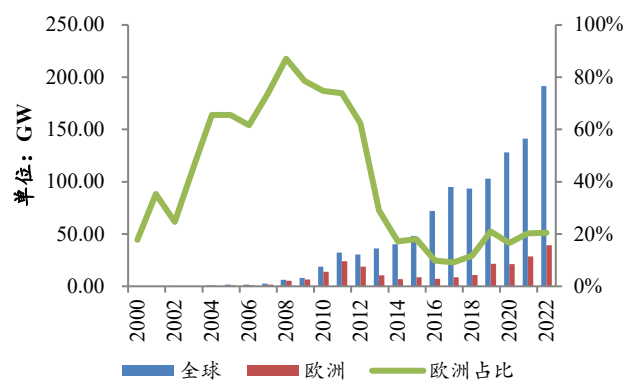
截至 2011 年，全球光伏累积装机 73.91GW，年化增长率 50.75%；欧洲地区光伏累积装机 54.73GW，年化增长率 66.54%，全球占比 74.05%。

图表 2：2000-2022 年全球及欧洲光伏装机情况



资料来源：wind，宏源期货研究所

图表 3：2000-2022 年全球及欧洲新增光伏装机情况



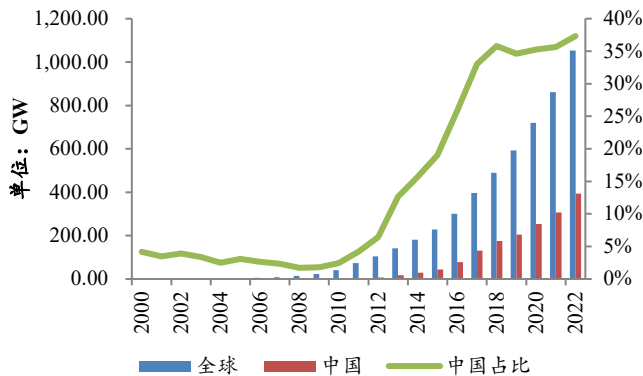
资料来源：wind，宏源期货研究所

与海外市场相比，2000 年-2011 年中国光伏市场逐渐从发展缓慢期走向快速成长期。2000 年以后，国家启动了送电到乡、光明工程等一系列扶持项目，通过光伏和小型风力发电解决西部七省（西藏、新疆、青海、甘肃、内蒙古、陕西和四川）的用电问题，截至 2005 年，共建成

了 721 座光伏和风光互补电站；2005 年，中国第一座直接与高压并网的光伏发电站在西藏地区建成，并一次并网成功，开创了中国光伏发电系统与电力系统高压并网先河；2006 年中国颁布了《中华人民共和国可再生能源法》，标志着中国光伏产业发展进入快车道。2009 年国家能源局和住建部分别开展“金太阳工程”和“光伏建筑应用示范”项目，“金太阳工程”项目实施 50% 初始投资补贴，带动分布式光伏快速增长。

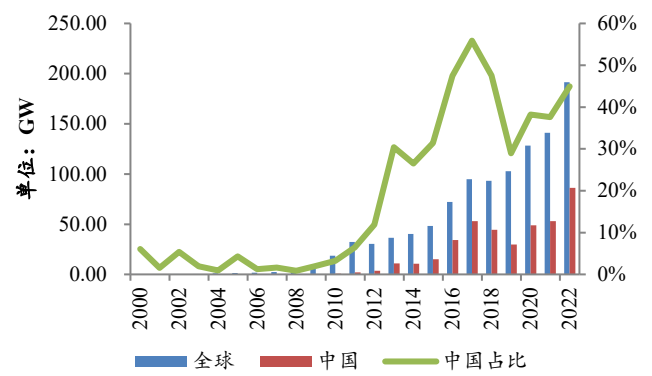
截至 2011 年，中国光伏累积装机 3.11GW，年化增长率 50.95%，全球占比 4.20%。

图表 4：2000-2022 年全球及中国光伏装机情况



资料来源: wind, 宏源期货研究所

图表 5：2000-2022 年全球及中国新增光伏装机情况



资料来源: wind, 宏源期货研究所

图表 6：部分海外主要国家光伏政策

时间	国家	政策法规	主要内容
2000 年	德国	颁布《可再生能源法 (EEG)》	明确了可再生能源在能源结构中的重要地位，确定了在能源市场投资保护原则中以及能源生产过程中的优先地位；为电网运营商提供了详尽的附加费用标准和分担机制，以附加费的形式向消费者征收补贴费用；对光伏发电设立“固定上网电价”机制，度电可按照 0.5062 欧元的价格上网。
2004 年	德国	全面修订《可再生能源法 (EEG)》	设定中长期可再生能源扩张目标，并正式引入可再生能源上网电价补贴，对于不同资源类型、不同容量的可再生能源发电设定不同的固定上网电价，要求电网运营商优先保障可再生能源电力上网。
2008 年	德国	颁布《可再生能源供热法》	向现行促进可再生能源利用的“市场激励计划”注入更多资金直至 2012 年。
2009 年	德国	再次修订《可再生能源法 (EEG)》	提升可再生能源发电比例目标、重新修订上网电价，建立起基于发电量的固定上网电价调减机制。
2012 年	德国	再次修订《可再生能源法 (EEG)》	首次将可再生能源电力的长期目标写入了法律文件，提出 2050 年之前使可再生能源发电量占比达到 80%。
2005 年	美国	《能源政策法案》	2006 年 1 月 1 日至 2007 年 12 月 31 日期间投入使用的住宅和商业太阳能系统项目可以享受 30% 的税收抵免。

资料来源: 各政府网站, 宏源期货研究所

图表 7：部分海外主要国家光伏政策（续）

时间	国家	政策法规	主要内容
2009 年	美国	《经济刺激法案》	可再生能源项目完成后，美国财政部在 60 天内必须以现金返还项目成本的 30%。
2012 年	日本	通过《可再生能源特别措施法案》	规定电力公司有义务购买个人和企业利用太阳能等发电产生的电力。采用全量股东价格收购制度，通过事前制定高价格，推动光伏电站在民用住宅和工商企业屋顶的普及。
2000 年	西班牙	指导意见《关于特殊领域中可再生能源和 CHP 发电》	为 IPP 重新定价——生物质发电每度 0.03 欧元，太阳能发电（5KV 以下）每度 0.36 欧元。
2004 年	西班牙	文件《关于特殊领域中可再生能源发电（皇家法令 436/2004）》	提出两种方案：（1）固定电价。当发电商向配电商卖电时，将会赚取基于管制电价固定比例的补贴；（2）协商电价。当发电商在自由市场交易时，协商后收取基于市场电价的一定比例的补贴。
2007 年	西班牙	颁布《对可再生能源的 FIT 补贴》	只要可再生能源企业的装机未超过 100MW，就能被纳入到“特殊领域”中。有两种选择获得补贴：固定的上网电价补贴，或者市场电价加上额外补贴，有效期在整个系统运营期间有效，但会在一段时期后减少，PV、海洋能和水电为 25 年，风能和地热为 20 年，生物燃料为 15 年。
2005 年	意大利	公布《能源鼓励基金》	启动了全新的上网电价补贴政策，大型光伏专案 FIT 最高达到 49 欧分/千瓦时。
2007 年	意大利	修订《能源鼓励基金》	调整了上网电价的补贴政策，取消了单个电站 1MW（兆瓦）的规模上限，取消了每年 85MW（兆瓦）的新增容量上限，还规定上网电价的补贴标准在 2008 年年底前不变。
2014 年	印度	《太阳能振兴计划》	调整上网电价，太阳能电价将从预计 2020 年的 4.2 卢比/度下调至 2025 年的 3.59 卢比/度；加大补贴力度，提高 30%，但主要针对居民、政府机构、医院及教育机构，不适合工厂及商户，同时针对离网项目也将提供相应的补贴；制定太阳能区域发展计划；制定太阳能城市发展和太阳能公园发展计划。
2008 年	英国	《能源法》	提出引入可再生能源上网电价补贴(FIT)，对于一定规模的可再生能源发电厂给予发电、供电的固定补贴，保证可再生能源发电厂预期年度投资回报率在 5-8%之间。
2009 年	英国	《气候变化法》	提出英国 2050 年温室气体排放相对于 1990 年下降 80%的目标，促进可再生能源、核能对化石能源的替代。

资料来源：各政府网站，宏源期货研究所

五、在制裁和危机中迎来中国光伏时代：2011~2018 年

2011 年末，受欧债危机影响，各国调整政府补贴政策，陆续降低或取消补贴，欧洲光伏需求萎缩，全球光伏装机增速减缓，而中国的大规模生产及光伏价格下降导致海外企业竞争力缺失，部分海外企业陆续退出光伏市场。

2011 年美国挑起对中国光伏产品的“双反”调查，2012 年判决对中国光伏产品征收 14.78% 到 15.97% 反补贴税，18.32% 到 249.96% 的反倾销税，随后欧洲加入贸易战阵营，对中国光伏电站发起反倾销调查，中国光伏产业遭受重挫，大批企业倒闭。

图表 8：美国针对中国光伏产业实施的“双反”调查

时间	主要内容
2011 年 11 月	应美国太阳能工业公司（SolarWorld）的申请，美国商务部就中国光伏产品立案启动“双反”调查。
2012 年 3 月	美国商务部发布了对中国输美太阳能电池征收 2.9% 至 4.73% 的反补贴税的初裁结果。
2012 年 5 月	美国商务部公布的反倾销税初裁税率基本设定在 31% 左右。如，尚德电力的税率为 31.22%，天合光能为 31.14%，而英利等其他涉案企业的税率约为 31.18%。这一次公布的反倾销税将会叠加在反补贴税之上，这两个惩罚性征税措施都向前追溯 90 天。
2012 年 10 月	美国商务部做出裁决，决定对中国输美光伏产品征收 14.78% 到 15.97% 反补贴税，18.32% 到 249.96% 的反倾销税。
2014 年 1 月	美国商务部再次对我国输美光伏产品发起“双反”调查。产品范围从“晶体硅光伏电池”扩大至包括电池、组件、层压材料在内的“晶体硅光伏产品”，同时对从中国台湾生产的电池片以及使用中国台湾生产的电池片在中国大陆以外任何国家/地区生产的组件产品发起反倾销调查。
2014 年 12 月	美国商务部做出裁决，对于中国大陆相关产品实行 27.64% 到 49.79% 不等的反补贴税，以及 26.71% 至 165.04% 的反倾销税，台湾相关产品实行 11.45% 至 27.55% 的反倾销税。具体而言，此次制裁在反补贴税方面，天合光能税率为 49.79%，尚德太阳能为 27.64%，所有中国大陆其他企业税率为 38.72%。在反倾销税方面，除了天合光能税率为 26.71%，昱辉阳光/晶科能源为 78.42%，其他中国大陆企业平均税率达 52.13%，其他未应诉企业为 165.04%。此外，中国台湾地区的光伏企业也大多被征收 19.5% 的反倾销税。

资料来源：各政府网站，宏源期货研究所

图表 9：“201 调查”

政策法规	主要内容
2017 年 4 月	应总部位于中国的 Suniva 公司和总部位于德国的 SolarWorld 公司的申请，美国贸易代表办公室（“USTR”）启动全球光伏产品保障措施调查（“201 调查”）。
2018 年 1 月	宣布对进口光伏产品采取为期 4 年的 201 保障措施，对组件及超过配额的光伏电池第一年征收 30% 关税，此后三年递减为 25%、20%、15%，针对电池片，有 2.5GW 的豁免。
2019 年 6 月	双面组件获得 201 关税豁免。
2020 年 10 月	在 2021-2022 年将 201 关税从 15% 提高到 18%。
2020 年 11 月	双面组件恢复 201 关税。
2021 年 11 月	豁免双面组件 201 关税，且 2021 年的关税税率恢复为 15%。
2022 年 2 月	美国将对进口太阳能电池和组件征收关税的“201 法案”再延期四年。自 2022 年 2 月 7 日起降为 14.75%，随后每年递减 0.25%；双面组件获得豁免；电池豁免额度增加到 5GW，采用先到先得的原则。

资料来源：各政府网站，宏源期货研究所

图表 10: “301 调查”

政策法规	主要内容
2018 年 7 月	301 程序征税清单一（即原定 500 亿美元总量中的 340 亿美元部分）加征 25% 额外关税。
2018 年 8 月	301 程序征税清单二（即原定 500 亿美元总量中的 160 亿美元部分）加征 25% 额外关税。
2018 年 9 月	对 2000 亿美元的中国进口加征 10% 额外关税。
2019 年 5 月	将 2000 亿美元的中国进口 10% 额外关税上调至 25%。
2019 年 9 月	美国 3000 亿清单加征 15% 额外关税。
2019 年 12 月	美国取消原计划对中国部分商品的关税上调，并同意将部分现有关税减半。作为交换，中国同意在未来两年内增加购买 2000 亿美元的美国商品和服务。
2020 年 2 月	将部分对华关税从 15% 降至 7.5%
2024 年 5 月	维持特朗普政府时期对华征收的“301 条款”关税，同时对中国“目标战略产品”大幅提高关税。

资料来源：各政府网站，宏源期货研究所

为促进国内光伏产业走出困境、早日健康持续发展，2012 年 10 月 26 日，国家电网发布《关于做好分布式光伏发电并网服务工作的意见》，详细规定了分布式并网的各项工作，除分布式光伏发电项目免收系统备用费外，电网企业为分布式光伏发电项目业主提供接入系统方案制定、并网检测、调试等全过程服务，均不收取费用，此外，为支持分布式光伏发电分散接入低压配电网，国家电网公司还允许富余电力上网，电网企业按国家政策全额收购富余电力，上、下网电量分开结算。

2013 年在政策支持下国内光伏产业开始回暖，市场逐渐从海外转向国内用户，中国成为世界最大的光伏市场。2013 年国家能源局编写《中国光伏分布式百问百答》，国家发改委发布《关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知》，给予户用光伏度电 0.42 元（含税）的补贴，国务院提出“分布式光伏发电”和“光伏发电”二分法，分类制定电价和补贴政策，同期“国五条”的细化配套政策正式下发，中国光伏市场步入“黄金市场”；2014 年国家能源局发布《关于进一步落实分布式光伏发电有关政策的通知》，给予户用光伏全额上网补贴；2015 年光伏扶贫被国务院扶贫办确定为“十大精准扶贫”之一，国家能源局提出“光伏领跑者计划”，从 2015 年至 2019 年共实施三期。

截至 2018 年，全球光伏累积装机 489.31GW，年化增长率 31.00%；欧洲光伏累积装机 126.51GW，年化增长率 12.72%，全球占比降至 26%；中国光伏累积装机 205.06GW，年化增长率 77.90%，全球占比上升至 35%。

六、全球多元化发展期：2018 年至今

2018 年，国家能源局发布《关于 2018 年光伏发电事项的通知》，要求加快光伏发电电价退坡；2019 年国家发改委印发《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》，拉开了中国光伏市场平价上网的序幕，我国光伏产业开始转成市场化市场；2020 年补贴退坡愈发明显，且电价继续下调；2022 年，政策指导加快推动以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设。

2015 年以后，各国陆续将碳中和目标纳入国家发展战略，随着光伏平价上网的推进，光伏装机需求在各国迅速提升，带动全球光伏产业进入多元化的高景气发展期。2015 年全球 195 个

国家在巴黎气候大会上通过了《巴黎协定》，该协定旨在将全球平均气温上升限制在前工业化时期水平之上的 2 摄氏度以内，并努力将气温上升限制在前工业化时期水平之上的 1.5 摄氏度以内，为实现这一目标，各国承诺制定并实施本国的应对气候变化政策和行动，其中包括实现碳中和的目标。自《巴黎协定》签署以来，越来越多的国家开始将碳中和纳入其国家发展战略中，并制定了相应的政策和计划，例如，中国提出了“双碳”目标，即力争在 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和；欧盟也提出了类似的目标，即到 2050 年实现净零排放；美国政府也提出了自己的碳中和目标，并采取了一系列措施来减少温室气体排放，包括推广可再生能源、提高能源效率、促进电动汽车的普及等；日本政府制定了《气候变化对策推进法》，旨在推进减少温室气体排放和实现碳中和。在产业技术不断发展的过程中，光伏产业的成本不断下降，发电成本接近火力发电成本，光伏发电作为发展路径清晰的可再生能源，各国对碳中和目标的提出催化全球光伏产业政策再度加速。

截至 2022 年，全球光伏累积装机 1,053.12GW，年化增长率 24.36%；欧洲光伏累积装机 236.96GW，年化增长率 13.14%，全球占比降至 23%；中国光伏累积装机 393.13GW，年化增长率 36.93%，全球占比上升至 37%。

分析师简介:

祁玉蓉, F03100031, 010-82295006

宏源期货有色分析师, 南开大学金融工程硕士, 曾获上海期货交易所 2023 年度“新锐分析师奖”, 致力于行业基本面分析, 深入研究产业链, 结合产品期现货市场进行多维度分析, 在南方财经、期货日报、文华财经等多家媒体发表文章, 撰写的报告《“硅能源”全产业链期货的重要性研讨》获评 2023 期货行业年度影响力研究报告, 所在金属团队 2023 年获评期货日报及证券时报“最佳金属产业期货研究团队”。

宏源期货研究团队

詹建平 F0259856 Z0002423
010-82292669
zhanjianping@swwhysc.com

曾德谦 F3021262 Z0013703
010-82292833
zengdeqian@swwhysc.com

吴守祥 F0212131 Z0000262
010-82292860
wushouxiang@swwhysc.com

肖锋波 F3022345 Z0012557
010-82292680
xiaofengbo@swwhysc.com

肖婷敏 F0243263 Z0000989
010-82292660
xiaotingmin@swwhysc.com

王文虎 F03087656 Z0019472
010-82293558
wangwenhu@swwhysc.com

白净 F3097282 Z0018999
010-82293886
baijing@swwhysc.com

免责条款:

宏源期货有限公司是经中国证监会批准设立的期货经营机构，已具备期货交易咨询业务资格。

本报告分析及建议所依据的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所依据的信息和建议不会发生任何变化。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不构成任何投资建议。投资者依据本报告提供的信息进行期货投资所造成的一切后果，本公司概不负责。本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发，需注明出处为宏源期货，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

风险提示：期市有风险，投资需谨慎

